



---

***SISTEMA DE INFORMAÇÃO AO USUÁRIO***  
***Previsibilidade de chegada dos ônibus do transporte***  
***público de Belo Horizonte - Brasil***

---

Maurício Lomeu Rodrigues

---

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ciência e Sistemas de Informação Geográfica

---

Instituto Superior de Estatística e Gestão de Informação  
da Universidade Nova de Lisboa

**SISTEMA DE INFORMAÇÃO AO USUÁRIO**

**PREVISIBILIDADE DE CHEGADA DOS ÔNIBUS DO**

**TRANSPORTE PÚBLICO DE BELO HORIZONTE - BRASIL**

por

Mauricio Lomeu Rodrigues

Dissertação orientada por  
Professor Doutor Roberto Henriques

Novembro 2012

## AGRADECIMENTOS

*Deus, porque dEle e por Ele, e para Ele, são todas as coisas.*

*Ao meu orientador, professor Dr. Roberto Henriques  
por pacientemente me guiar neste trabalho.*

*Aos meus familiares, por não medirem esforços na minha educação  
e permitirem que eu chegasse até aqui.*

*À minha amada, pelo companheirismo e carinho,  
por trazer novas cores à minha vida.*

# **SISTEMA DE INFORMAÇÃO AO USUÁRIO**

## **Previsibilidade de Chegada dos Ônibus**

### **do Transporte Público de Belo Horizonte - Brasil**

#### **RESUMO**

Este trabalho possui como objetivo desenvolver um sistema de informação ao usuário que possibilite calcular e disponibilizar, nos pontos de embarque e desembarque, o horário de chegada dos ônibus que operam no sistema municipal de transporte público por ônibus na cidade de Belo Horizonte – Brasil. Para desenvolvimento deste trabalho, foi selecionado um itinerário pré-definido composto por 66 pontos de embarque e desembarque. Para a previsibilidade de chegada dos ônibus nos pontos, foi calculado o tempo médio de deslocamento de aproximadamente vinte mil viagens na linha 8207 no período de janeiro a setembro de 2012. Os resultados obtidos mostraram a eficiência e integração entre as diversas tecnologias de informação e telecomunicação aplicadas aos sistemas inteligentes de transporte.

**SISTEMA DE INFORMAÇÃO AO USUÁRIO**  
**Previsibilidade de Chegada dos Ônibus**  
**do Transporte Público de Belo Horizonte - Brasil**

**ABSTRACT**

This work aims to develop an user information system that calculate and provide, at boarding points, the arrival time of buses operating in the public transport of Belo Horizonte - Brazil. To develop this work, were selected a pre-defined route comprising 66 points of boarding. For buses arrival predictability, were calculated the average time about twenty thousand trips from January to September 2012. The results show the efficiency and integration between the various information and telecommunications technologies applied to intelligent transportation systems.

## **PALAVRAS-CHAVE**

Transporte coletivo

Sistemas de Transporte Inteligente (ITS)

Sistemas de Informação ao Usuário (SIU)

Sistemas de Informação Geográfica (SIG)

## **KEYWORDS**

Transportation

Intelligent Transport Systems

User Information Systems

Geographic Information Systems (GIS)

## ACRÓNIMOS

ANTP	Associação Nacional de Transporte Público
APTS	<i>Advanced Public Transportation System</i>
ATIS	<i>Advanced Traveler Information System</i>
ATMS	<i>Advanced Transportation Management System</i>
AVCS	<i>Advanced Vehicle Control System</i>
AVL	<i>Automatic Vehicle Location</i>
BD	Banco de Dados
BHTRANS	Empresa de Transporte e Trânsito de Belo Horizonte S/A
FTP	<i>File Transfer Protocol</i>
GIS	<i>Geographical Information System</i>
GPRS	<i>General Packet Radio Service</i>
GSM	<i>Global System for Mobile Communication</i>
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IP	<i>Internet Protocol</i>
ITS	<i>Intelligent Transportation System</i>
LED	Light Emitting Diode
NTU	Associação Brasileira das Empresas de Transporte Urbano
SAD69	<i>South American Datum 1969</i>
SAO	Sistema de Apoio à Operação
SCA	Sistema de Controle Ativo
SGBD	Sistema Gerenciador de Banco de Dados
SIM	Sistema Integrado de Monitoramento
SIU	Sistema de Informação ao Usuário
SQL	<i>Structure Query Language</i>
UTM	<i>Universal Transversa de Mercator</i>
WGS84	<i>World Geodetic System 1984</i>
WWW	<i>World Wide Web</i>

## ÍNDICE DO TEXTO

AGRADECIMENTOS .....	iii
RESUMO .....	iv
ABSTRACT .....	v
PALAVRAS-CHAVE .....	vi
ACRÓNIMOS .....	vii
ÍNDICE DO TEXTO .....	viii
ÍNDICE DE TABELAS .....	x
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xi
1. INTRODUÇÃO .....	1
1.1 Contextualização .....	1
1.2 Tema .....	3
1.3 Objeto de Estudo .....	3
1.4 Justificativa .....	3
1.5 Problema de Pesquisa .....	3
1.6 Hipótese .....	4
1.7 Objetivos .....	4
1.7.1 Objetivo Geral .....	4
1.7.2 Objetivos Específicos .....	5
1.8 Organização do Estudo .....	5
2. REFERÊNCIAL TEÓRICO .....	7
2.1 Transporte Público Urbano .....	7
2.2 Transporte Público por Ônibus (TPO) .....	10
2.2.1 Evolução do Transporte Coletivo Urbano .....	11
2.2.2 Regulamentação do Transporte Coletivo Urbano .....	12
2.2.3 Sistema de Transporte Coletivo Urbano por Ônibus .....	12
2.3 Tecnologias Aplicadas ao Transporte Público por Ônibus .....	15
2.3.1 Sistemas de Transporte Inteligente (ITS) .....	16
2.3.2 Classificação dos Sistemas de Transporte Inteligente .....	17
2.3.3 Sistemas Avançados de Transporte Público (APTS) .....	20
2.3.4 Sistemas de Informação ao Usuário (SIU) .....	21
2.3.5 Sistemas de Telecomunicação e Transmissão de Dados .....	23
2.4 Geoprocessamento .....	25



2.4.1 Sistemas de Referência Relacionados ao GPS.....	26
3. PROCEDIMENTO METODOLÓGICO .....	28
3.1 Natureza e Classificação da Pesquisa.....	28
3.1.1 FORMA DA PESQUISA.....	28
3.1.2 OBJETO DA PESQUISA .....	28
3.1.3 Procedimentos Técnicos .....	29
3.2 Caracterização da Área de Estudo .....	31
3.2.1 Linha 8207 .....	31
3.2.2 Ponto de Embarque e Desembarque P128 .....	32
4. SISTEMA DE INFORMAÇÃO SIU-BHZ.....	34
4.1 Rastreamento dos Veículos da Linha 8207 .....	34
4.1.1 Características Técnicas do Sistema AVL.....	35
4.2 Importação dos dados geodésicos da linha 8207 .....	36
4.3 Tempos Médios entre Pontos de Embarque e Desembarque.....	38
4.3.1 Rastreamento de Veículos.....	39
4.3.2 Análise Espacial de Proximidade .....	40
4.3.3 Tempo entre PEDs por Viagem .....	42
4.3.4 Tempo Médio entre PEDs por Faixa Horária .....	43
4.4 Tempo de chegada .....	45
4.5 Validações do sistema SIU-BHZ.....	49
5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....	52
5.1 Conclusões Gerais .....	52
5.2 Recomendações .....	53
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	55

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Comparativo de eficiência entre modais diferentes de transporte de passageiros.....	10
Tabela 2 - Descrição do evento de rastreamento dos ônibus.....	35
Tabela 3 - Descrição dos dados exportados e modelagem utilizada na importação .....	37
Tabela 4 - Horário de Chegada do veículo 30368 nos PEDs .....	43
Tabela 5 - Intervalo Médio entre os PEDs .....	44
Tabela 6 - Tabela de Informações de Tempo de Chegada ao sistema SIU-BHZ .....	48
Tabela 7 - Validação Sistema SIU-BHZ .....	50
Tabela 8 - Validação Sistema SIU-BHZ .....	51

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Divisão do transporte urbano de passageiros no Brasil .....	8
Figura 2 – Transporte urbano no Brasil por modo.....	9
Figura 3 - Componentes ITS .....	19
Figura 4 - Sistema de Informação ao Usuário na cidade de Belo Horizonte ....	23
Figura 5 – Definição de geoprocessamento .....	26
Figura 6 – Modelo conceitual SIU-BHZ .....	30
Figura 7 – Quadro de Horário da Linha 8207 (dia útil). ....	32
Figura 8 – Localização do Ponto de Embarque e Desembarque P128. ....	33
Figura 9 – Representação física do Ponto P128 .....	33
Figura 10 – Representação do itinerário e PEDs da linha 8207 .....	38
Figura 11 – Camadas de Informação Linha 8207 .....	40
Figura 12 – Análise espacial de proximidade.....	41
Figura 13 – Tempo médio entre paradas P234 e P128.....	45
Figura 14 – Etapas de armazenamento de dados de previsão de chegada.....	46
Figura 15 – Fórmula de cálculo de previsibilidade do sistema SIU-BHZ.....	47

## **1. INTRODUÇÃO**

### **1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO**

Ao longo das últimas décadas, a distribuição espacial da população brasileira alterou-se de massivamente rural para urbana. De acordo com o IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), conforme pesquisa realizada em 2006, a população das áreas urbanas brasileiras dobrou referente à mesma pesquisa feita no ano de 1960, representando atualmente um percentual de 83% da população (IBGE, 2007).

Com o aumento da população urbana, consequentemente também aumentaram o número de veículos de transporte nas vias, causando novos problemas quanto ao deslocamento em massa de pessoas e produtos. Conforme Melo (2000), o alto crescimento do número de veículos nas áreas urbanas não pode ser resolvido simplesmente com o aumento ou potencialização das obras de infraestrutura; é necessário se pensar no fluxo de pessoas além do fluxo de veículos.

Ferraz e Torres (2004) afirmam que o transporte simultâneo de pessoas em um mesmo veículo é essencial para socializar e democratizar o acesso da população aos meios de transporte nas áreas urbanas. Outros aspectos importantes relacionam-se à redução da poluição sonora e ambiental, acidentes envolvendo veículos, alto consumo de energia e investimento de infraestrutura.

Os principais meios no transporte coletivo são: ônibus, metrô e trem suburbano. De acordo com Vasconcelos (2000), o transporte coletivo a motor mais utilizado é o ônibus.

No Brasil, segundo a Associação Brasileira das Empresas de Transporte Urbano (NTU), desde 1995 o número de usuários do transporte por ônibus nas maiores cidades brasileiras vem decaindo fortemente. Esta queda resulta dos seguintes fatores: concorrência entre outros meios de transporte autorizados, transportes clandestinos, valor tarifário alto, transporte individual motorizado (NTU 2007).

Com o intuito de reverter esta situação, possibilitando a utilização de um número maior de pessoas pelo transporte público coletivo, é necessário que o foco principal de atendimento do serviço seja voltado ao usuário. Sendo assim, as empresas operadoras do transporte em conjunto com os órgãos regulamentadores, vislumbram na utilização de tecnologias de informação e comunicação uma forte ferramenta para fidelizar e atrair os usuários.

A integração destas tecnológicas é foco de estudo contínuo por programas denominados de Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS). O ITS prevê, por meio da implantação e integração das tecnologias de informação e comunicação, atender e melhorar a qualidade dos serviços de transporte prestado.

Entre as categorias do ITS, conforme Silva (2000), estão os Sistemas Avançados de Transporte Público (APTS). Estes, referente à sua aplicabilidade, são divididos em outras três subcategorias: Sistemas de Informação ao Usuário (SIU), Sistemas de Apoio à Operação (SAO) e Sistemas de Bilhetagem Eletrônica (SBE).

A primeira etapa na implantação do ITS voltada para o transporte público urbano no Brasil foi referente ao SBE. Atualmente a totalidade das capitais brasileiras e diversas cidades de médio porte possuem os Sistemas de Bilhetagem Eletrônica implantada no transporte público. A segunda etapa, impulsionada pelos investimentos na realização da Copa do Mundo de 2014 no Brasil, direcionam-se na implantação do SAO e SIU (NTU, 2007). Os maiores motivos que fazem o usuário optar pela não utilização do transporte público estão ligados à baixa qualidade ou mesmo inexistência das informações relacionadas à prestação do serviço de transporte.

De acordo com os usuários do transporte, a principal informação resultante em benefícios diretos no dia a dia são dados de previsibilidade corretos e atualizados nos pontos de embarque e desembarque de passageiros. Esta informação permite que o usuário tenha poder de decisão durante a espera do transporte assim como tolere melhor contratempos na prestação do serviço (Schweiger, 2003).

## **1.2 TEMA**

O tema desta dissertação é o sistema de informação aos usuários do transporte público por meio de ônibus (TPO) referente à previsibilidade de chegada dos veículos nos pontos de embarque e desembarque.

## **1.3 OBJETO DE ESTUDO**

O objeto de estudo foca na implantação de um sistema de informação ao usuário que possibilite calcular e apresentar o horário previsto de chegada dos ônibus nos pontos de embarque e desembarque.

O estudo será feito na linha de ônibus 8207 (Maria Goretti / Estrela Dalva) operada na cidade de Belo Horizonte, Brasil. O ponto de embarque e desembarque denominado P128 está situado na Avenida Raja Gabaglia 4103, Belo Horizonte, Brasil (-19.965865° -43.954156°).

## **1.4 JUSTIFICATIVA**

Em um cenário crescente de urbanização e veículos motorizados, acrescido a uma topografia que dificulta a implantação e utilização de outros meios de transporte público além de ônibus, a pesquisa proposta é justificada como uma alternativa para melhorar a qualidade do transporte público urbano na cidade de Belo Horizonte e, conseqüentemente, aumentar a adesão de usuários ao transporte público por ônibus.

## **1.5 PROBLEMA DE PESQUISA**

O problema de pesquisa está no questionamento: Como e quais tecnologias (informação e comunicação) podem ser integradas na implantação

de um sistema de informação ao usuário que possibilite calcular e apresentar o horário previsto de chegada dos ônibus nos pontos de embarque e desembarque do sistema de transporte coletivo municipal de Belo Horizonte.

## **1.6 HIPÓTESE**

Através de um Sistema de Informação Geográfica (GIS), determinar, por sazonalidade, o tempo médio de deslocamento de um veículo entre todos os pontos de embarque e desembarque previstos no itinerário.

Através de equipamentos embarcados nos ônibus, os dados espaciais adquiridos pelo sistema de posicionamento e navegação por satélite (GPS) são enviados por telefonia móvel (GPRS) para um banco de dados espacial (BDE) permitindo análises geográficas em tempo real de previsibilidade no deslocamento do veículo. Baseado no tempo médio deste deslocamento, atrelado a variáveis como faixa horária do dia, perfil de direção do motorista, etc, é possível calcular e disponibilizar aos usuários a previsibilidade de chegada dos ônibus nos pontos de embarque e desembarque da cidade de Belo Horizonte.

## **1.7 OBJETIVOS**

### **1.7.1 OBJETIVO GERAL**

Desenvolver um sistema de informação ao usuário que, através da integração de tecnologias da telecomunicação e informação, permita calcular e disponibilizar aos usuários a previsibilidade de chegada dos ônibus nos pontos de embarque e desembarque da cidade de Belo Horizonte.

### **1.7.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Recuperar os eventos de localização e rastreamento dos ônibus que operam na linha 8207 de Belo Horizonte no período de Janeiro a Setembro de 2012;
- Importar dados geodésicos dos pontos de embarque e desembarque do itinerário da linha 8207 utilizando GPS;
- Explorar as informações referentes às localizações dos ônibus da linha 8207 no período de Janeiro a Setembro de 2012, determinando o tempo médio de deslocamento entre os pontos de embarque e desembarque;
- Formular cálculo para previsibilidade do horário de chegada dos ônibus no ponto de embarque e desembarque baseado no comparativo de dados em tempo real da localização do veículo versus base histórica de deslocamento;
- Disponibilizar a previsão de chegada dos ônibus da linha 8207 no ponto de embarque e desembarque 128 (PED128) situado na Avenida Raja Gabaglia 4103, Belo Horizonte;
- Averiguar a validade do sistema de informação ao usuário comparando a previsibilidade de chegada do ônibus no ponto de embarque e desembarque versus o horário real de chegada do mesmo.

### **1.8 ORGANIZAÇÃO DO ESTUDO**

O trabalho está organizado na seguinte estrutura:

Capítulo 1 – Introdução contendo a contextualização, tema, objeto de estudo, justificativa, problema de pesquisa, hipótese e objetivos geral e específico.

Capítulo 2 – Referencial Teórico enfatizando a importância e necessidade do transporte público urbano por meio de ônibus em Belo



Horizonte, assim como as principais tecnologias e processos direcionados à coleta, armazenamento, tratamento e recuperação de dados espaciais.

Capítulo 3 – Procedimentos e metodologia que fazem parte deste trabalho contendo o método, natureza, forma e procedimentos técnicos da pesquisa.

Capítulo 4 – Desenvolvimento do sistema de informação ao usuário através da utilização e integração das tecnologias de comunicação e informação. Inicialmente são apresentados os dados da linha e ponto de embarque estudados assim como o rastreamento dos veículos. Em seguinte, são apresentados os cálculos que possibilitam mensurar e disponibilizar ao usuário o horário previsto de chegada do veículo no ponto de embarque. Por último, são apresentados resultados reais dos seis meses de validação do sistema de informação ao usuário em Belo Horizonte.

Capítulo 5 – Conclusões do trabalho baseado nos resultados apresentados nos capítulos anteriores assim como sugestões e recomendações para pesquisas futuras.

## **2. REFERÊNCIAL TEÓRICO**

### **2.1 TRANSPORTE PÚBLICO URBANO**

O termo transporte na engenharia é retratado como o deslocamento de produtos (transporte de cargas) e pessoas (transporte de passageiros).

O deslocamento de pessoas no cotidiano ocorre por necessidades profissionais, de educação, cultura, emergência, etc. O deslocamento de produtos ocorre no transporte de insumos e mercadorias para indústria e comércio, construção civil, coleta de entulhos, etc.

Conforme Ferras e Torres (2004) o deslocamento que ocorre dentro dos limites das áreas urbanas e cidades é denominado pelo termo de transporte urbano.

O transporte define e reflete as características da cidade, sendo fator fundamental no deslocamento da população. Com o alto e rápido crescimento populacional das cidades brasileiras nas últimas décadas, houve uma defasagem no planejamento urbano resultando na deficiência da infraestrutura viária frente às taxas de urbanização. Mesmo as cidades brasileiras que vislumbraram com antecedência o crescimento populacional, possuem problemas e deficiências no tráfego urbano.

O tráfego de veículos motorizados é hoje um grande problema da humanidade afetando a qualidade de vida de todas as classes sociais e exigindo custos cada vez mais altos. Estudo realizado pela Fundação Getúlio Vargas em 2008 estima que os custos referentes ao transporte público urbano brasileiro chegam à ordem de 33 bilhões de reais por ano (Maciel 2008).

Para solucionar o transporte e mobilidade da população são necessários esforços em conjunto entre sociedade, governo e indústria (Maciel 2012). Conforme Melo (2000), a solução comumente utilizada na gestão da mobilidade urbana de ampliação da malha viária não é suficiente uma vez que, com o contínuo aumento populacional, em breve as novas malhas não são mais suficientes encontrando-se saturadas.

Conforme Ferraz (2004) os dois principais modos utilizados no transporte de pessoas são:

- a. Privado ou Individual – Ocorre a pé, bicicleta ou automóvel. Caracteriza-se por permitir que o indivíduo escolha livremente o caminho e horário a ser percorrido;
- b. Público, coletivo ou de massa – Ocorre por ônibus e metrô. Caracteriza-se por possuir um itinerário e horários pré-definidos.

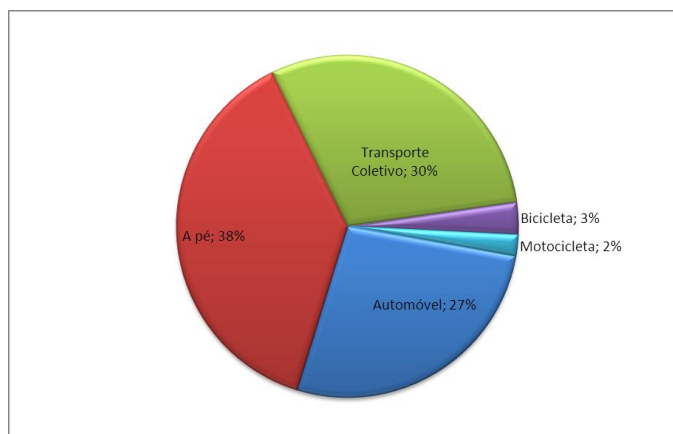
Lauletta (2006) define que cada pessoa deve optar por um modo de transporte conforme suas necessidades de deslocamento específicas.

Os veículos para transporte público são divididos em dois grupos:

- a. Veículos sobre pneus: Ônibus, ônibus articulados, micro-ônibus entre outros;
- b. Veículos sobre trilhos: Bonde, metrô, metrô de superfície entre outros.

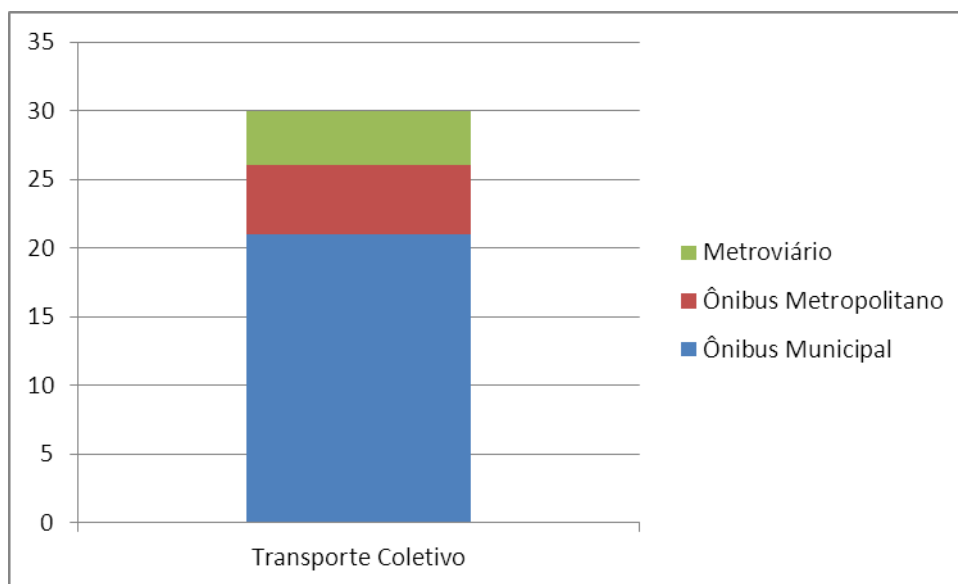
Ambos os grupos de veículos, possuem como fonte de alimentação combustíveis de origem fóssil, biológica ou, ainda em minoria no Brasil, energia elétrica.

Conforme representado na Figura 1, a divisão do transporte urbano de passageiros para municípios com número de habitantes superior a 60 mil, conforme a Associação Nacional de Transportes Públicos – ANTP – demonstra que a quantidade de transportes considerados individuais equipara-se à quantidade de transportes públicos (ANTP 2008).



**Figura 1 – Divisão do transporte urbano de passageiros no Brasil**  
Fonte: ANTP, 2008

Analisando o gráfico da Figura 1, é possível verificar que o transporte do modo Privado ou individual representa 70% do total de transportes. Em contrapartida, os 30% restantes representam o transporte do modo público, sendo este dividido entre ônibus municipal, ônibus metropolitano e metroviário conforme a Figura 2.



**Figura 2 – Transporte urbano no Brasil por modo**  
**Fonte: ANTP, 2008**

A baixa ou mesmo falta de aplicação das inovações tecnológicas na gestão do transporte público e informações ao usuário, além da precária qualidade e conforto do serviço prestado são um dos motivos pelo qual o modo de transporte individual predomina sobre o modo de transporte público (Vasconcelos, 2005).

Lacerda (2006) ressalta que a predominância de automóveis nas vias públicas não é proporcional ao número de passageiros transportados, ou seja, o número de pessoas que utilizam o maior espaço das vias em seus veículos privados é menor que o número de pessoas transportadas por ônibus públicos que ocupam menor espaço nas vias. Um veículo privado com capacidade de transportar cinco pessoas pode ocupar até 62% do espaço de um veículo do transporte público com capacidade para até quarenta passageiros.

Enfatizando a importância do transporte coletivo comparado ao privado, Vasconcellos (2005) compara os índices relacionados ao transporte de passageiros por quilômetros (Tabela 1).

**Tabela 1 - Comparativo de eficiência entre modais diferentes de transporte de passageiros**

Meios de Transporte	Índice Passageiro por km <sup>1</sup>			
	Energia	Poluição	Custo	Área da Via
Ônibus	1,0	1,0	1,0	1,0
Motocicleta	1,9	14,0	3,9	4,2
Automóvel	4,5	6,4	8,0	6,4

1. Ocupação de 50 passageiros por ônibus, 1,3 por automóvel, 1 por motocicleta.

Fonte: Vasconcelos (2005)

## 2.2 TRANSPORTE PÚBLICO POR ÔNIBUS (TPO)

A divisão das modalidades de transporte apresentada na Tabela 1 retrata a importância do ônibus no transporte de usuários nas cidades urbanas do Brasil. Conforme a ANTP (2008), em 2007, o transporte por ônibus representou 73% dos deslocamentos entre usuários do transporte público.

Conforme Melo (2000), a maior utilização do transporte público por ônibus é uma solução simples e de valores aceitáveis que garante o deslocamento de pessoas para empregos, escolas, serviços, etc. Além disto, o transporte público de qualidade e eficiente garante oportunidades iguais e democracia social aos moradores da cidade.

Diversos autores (Ferraz 2004, Vasconcellos 2005, ANTP 2008), enfatizam a necessidade de intervir a divisão modal atual no Brasil. É necessário que o poder público em conjunto com o poder privado (operadoras de serviço de transporte) melhore a qualidade do serviço prestado no intuito de atrair usuários que utilizam veículos individuais para ônibus coletivos.

Algumas cidades do Brasil, como é o caso de Belo Horizonte, começam ofertar em itinerários específicos, veículos que agreguem maior conforto aos seus usuários (ar condicionado, televisão, internet sem fio, etc).

Em pesquisa pela NTU (2007), de 1995 para 2006 a quantidade de usuários transportados por mês pelo sistema de ônibus coletivos em nove capitais brasileiras caiu de 473 milhões para 312 milhões. Este decréscimo é devido à utilização da população por outros meios de transporte, especialmente o metrô, assim como também pelo aumento de linhas de crédito financeiro nacional que permitiram um aumento exponencial na aquisição de veículos particulares.

### **2.2.1 Evolução do Transporte Coletivo Urbano**

Os primeiros meios de transporte coletivo urbano ocorreram nas cidades de Londres e Paris, em 1612, através de carruagens de aluguel.

Em 1826, na França, foi criado um meio de transporte coletivo que ligava cidades a casas de banho. O veículo era uma carruagem com capacidade superior às existentes na época.

Conforme Silva (2000), no Brasil o começo do transporte coletivo urbano surgiu dos bondes a vapor e elétricos. Com a implantação de indústrias automobilísticas consolidou-se a adoção do modelo de transporte urbano de pessoas baseado no petróleo. Os bondes gradativamente perderam espaço para os automóveis e ônibus.

Nas cidades brasileiras com população superior a 60 mil habitantes, em 2007, foram realizados 55,2 bilhões de viagens (ANTP, 2008).

O emprego massivo do ônibus no transporte coletivo está associado à competência de adaptar-se às diferentes exigências e tecnologia (Schein, 2003). O autor acrescenta que o ônibus apresenta custo inferior de fabricação, implementação e operação.

### **2.2.2 Regulamentação do Transporte Coletivo Urbano**

O transporte coletivo é um serviço descrito na Constituição Federal, de responsabilidade do poder público local podendo assim ser operado diretamente por ele ou repassado a terceiros.

De acordo com Vasconcelos (2005), o regimento do transporte coletivo baseia-se no processo ao qual a definição e regulação dos serviços são realizadas por meio do Poder Público - itinerários, frequência, tipo de veículo e tarifa.

A prestação do serviço por sua vez é realizada por contratação de empresas privadas. A operação do transporte coletivo por ônibus é feita por empresas privadas no regime de permissão ou concessão.

A concessão refere-se à delegação do serviço pelo poder concedente através de licitações a pessoas jurídicas ou consórcio de empresas que possuam competência para seu desempenho.

A permissão é oferecida através de licitação da prestação do serviço, feita pelo poder concedente a pessoa física ou jurídica (NTU, 2007).

### **2.2.3 Sistema de Transporte Coletivo Urbano por Ônibus**

O transporte coletivo urbano por ônibus é um sistema determinado por serviços de transporte de passageiros por ônibus, operado e gerenciado por operadores públicos ou privados dentro de uma região urbana.

O fundamental objetivo desse sistema é atender aos requisitos de deslocamento da população, entre as diversas áreas da cidade, pela oferta de um serviço eficiente e ao menor custo possível.

O serviço de TPO envolve diversos agentes, que estão envolvidos direta ou indiretamente: passageiros, governo e empresários do setor.

Para obter a qualidade do serviço oferecido é preciso que cada um dos envolvidos tenha objetivos definidos e reconheça suas obrigações realizando-as com eficiência e qualidade

A efetivação de uma viagem por ônibus, sem alteração de veículo pode ser descrita em tempo de viagem, com os seguintes elementos: o tempo de embarque e desembarque e o tempo no veículo durante a viagem. A realização de uma viagem abrange o percurso a pé de origem até o local de embarque, o deslocamento do veículo e o percurso a pé do ponto de desembarque até o destino.

Conforme Melo (2000), o tempo de espera pelo transporte é o fator que mais aborrece o usuário. Este tempo envolve o intervalo entre os ônibus e o conhecimento do quadro de horários das viagens pelos passageiros.

Ferraz (2004) considera que o período de tempo da viagem corresponde ao tempo gasto dentro do veículo que, por sua vez, depende diretamente da velocidade média e da distância percorrida entre os pontos de origem e destino.

Quanto à frota de ônibus, no Brasil são utilizados veículos convencionais, com capacidade de até 75 passageiros, e o micro-ônibus, com capacidade de até 35 passageiros.

#### **2.2.3.1 Classificação das Linhas**

Segundo Schein (2003), as linhas do TPO devem oferecer uma cobertura satisfatória das áreas de habitação e interesse geral da população.

Diversos autores, entre eles Melo (2000), Schein (2003) e Ferraz (2004) classificam as linhas do TPO quanto ao traçado:

- Radial – Conecta o centro ou hiper centro urbano às áreas habitacionais. O maior número de linhas existentes são classificadas como radial. Utilizam os principais corredores das áreas urbanas;
- Diametral – Conecta duas regiões percorrendo obrigatoriamente o centro urbano;
- Circular – Conecta várias áreas da cidade, retornando ao ponto de origem;



- Perimetral – Conecta duas áreas distintas sem percorrer o centro urbano.

Quanto à função:

- Convencional – Efetua simultaneamente as funções de captar passageiros nas áreas de origem, transportar da origem até o destino e distribuição na área de destino;
- Troncal – Opera em um corredor onde há alta concentração de demanda. Possui como função principal realizar o transporte de regiões mais afastadas a ponto estratégicos da cidade;
- Alimentadora – Opera captando usuários na área de origem e deixando-os em um terminal de uma linha troncal e vice-versa;
- Expressa – Opera com número reduzido ou nenhum ponto de embarque e desembarque intermediário aumentando assim a velocidade operacional e reduzindo o tempo de viagem;
- Especial – Funciona apenas em horários e eventos especiais;
- Seletiva – Realiza o TPO com preço maior e qualidade diferenciada do serviço.

#### **2.2.3.2 Pontos de Embarque e Desembarque**

As localizações públicas de embarque e desembarque de passageiros de ônibus são denominados de pontos de parada.

Quando, nos pontos de parada, é realizado o controle de acesso por meio da cobrança da passagem ou identificação apropriada, os mesmos são denominados de estação ou terminal. Conforme a ANTP (2002), o ponto de parada é avaliado como o local determinado na via pública no qual se realiza a parada do ônibus para o embarque ou desembarque dos passageiros.

Os pontos de parada são extremamente importantes na operação do TPO. Eles são o primeiro contato físico entre passageiro e a rede de

transporte. O espaçamento entre os pontos de parada determina e influencia o desempenho operacional das linhas assim como os custos de operação.

A identificação dos pontos de parada é feita através de placas e sinais indicativos afixados no local específico de parada do veículo (postes de energia ou pequenos postes próprios com ícone de identificação da parada).

Conforme de Melo (2000), os pontos de parada são fatores importante no desempenho dos ônibus por serem responsáveis pela maior quantidade dos atrasos e retardamentos do TPO. Os principais aspectos a serem observados nos pontos de parada são: localização, espaçamento e desempenho.

- Localização – Visando a segurança dos veículos e passageiros, não é indicado posicionar os pontos de parada em curvas, pavimentos muito íngremes, garagens, cruzamentos, etc;
- Espaçamento – As paradas devem manter-se em intervalos mínimos de 500 metros para que os veículos consigam percorrer o itinerário completo em uma velocidade e tempo satisfatórios;
- Desempenho – A quantidade de linhas que atendem um ponto de parada deve ser proporcional ao espaço físico disponível para parada dos veículos.

### **2.3 TECNOLOGIAS APLICADAS AO TRANSPORTE PÚBLICO POR ÔNIBUS**

O congestionamento das vias públicas urbano era considerado pelos passageiros apenas um fator desagradável e de perda de tempo. Com o passar do tempo outros fatores tornaram-se motivo de preocupação: o aumento nos níveis de poluição e os problemas de saúde nas pessoas causados pelo trânsito. Com base nestes fatores a sociedade buscou na indústria soluções para a melhoria do TPO. A solução implementada em várias cidades do Brasil e do mundo foi a utilização de tecnologias avançadas capazes de reduzir os problemas gerados pelo uso excessivo dos automóveis nas áreas urbanas.

Os avanços tecnológicos das redes de comunicação e equipamentos eletrônicos permitiram, nos últimos anos, a condição necessária para a melhoria do sistema de TPO, especialmente quanto a oferta do serviço.

Esses avanços criaram e criam oportunidades para que operadoras e órgãos gestores invistam em processos de atualização e revitalização do transporte nas cidades brasileiras. Conforme Schein (2003), a aplicação de tecnologias no TPO permite oferecer serviços adequados às necessidades do usuário além de ser um forte argumento de atração e fidelização.

Silva (2000) acrescenta que a utilização e a integração de tecnologias avançadas permitem que o sistema de TPO opere em níveis e parâmetros maiores de segurança e eficiência.

O emprego de tecnologias avançadas torna-se uma realidade em várias cidades brasileiras e do mundo devido a uma revolução crescente e constante nos setores de informática, eletrônica e telecomunicação. Conforme Silva (2000), a utilização dessas tecnologias está sendo coordenada por programas conhecidos por ITS – *Intelligent Transportation Systems*.

De acordo com Ferraz (2004), os sistemas ITS aplicados ao TPO permitem agir de forma direta na melhoria da segurança, controle da operação, redução dos atrasos, redução dos congestionamentos, redução das emissões de poluentes, incremento da produtividade, etc.

### **2.3.1 Sistemas de Transporte Inteligente (ITS)**

Sistemas de transporte inteligente (ITS) é a definição mundial que aplica tecnologias avançadas na melhoria e eficiência dos sistemas de transporte.

Os ITS integram sistemas que envolvem grupo de tecnologias avançadas destinados a permitir que os sistemas de transportes operem com maior segurança e eficiência.

A denominação genérica de ITS é utilizada para definir um conjunto de tecnologias provenientes das aplicações de telemática nos veículos e sistemas de transportes. Os exemplos mais comuns de ITS no TPO são:

- a. Rastreamento de veículo por satélite (LBS);
- b. Sistema de bilhetagem inteligente;
- c. Registro da passagem e presença dos coletivos em locais específicos;
- d. Comunicação em tempo real com os usuários.

Os ITS aplicam tecnologias de informação e comunicação à melhoria da:

- a. Gestão e operação dos sistemas de transportes;
- b. Eficiência no uso das vias;
- c. Melhoria da segurança viária;
- d. Aumento da mobilidade
- e. Redução dos custos sociais, através da redução de tempos de espera.

Segundo Silva (2000) os ITS devem permitir uma conectividade inteligente entre os atores envolvidos nos sistemas de TPO assim como sua infraestrutura. Entre todos os conceitos apresentados, percebe-se que a aplicação de tecnologias no TPO por meio de sistemas ITS traz significativos benefícios diretos e indiretos para os passageiros, operadoras, órgãos gestores e sociedade em geral.

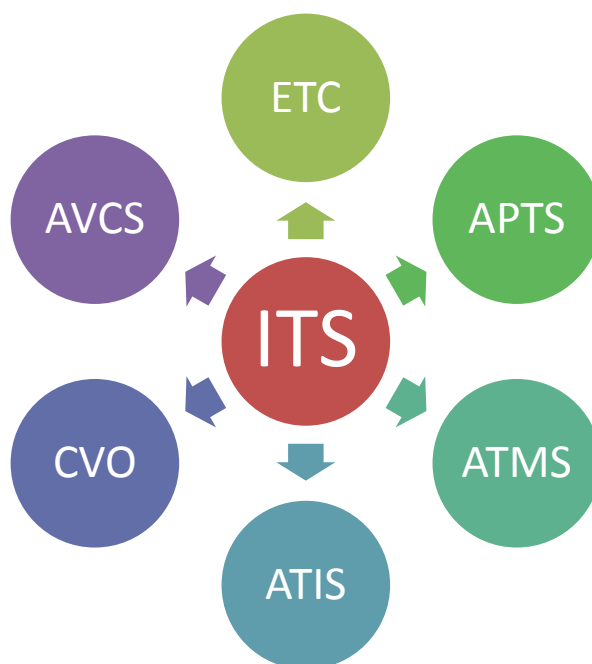
### **2.3.2 Classificação dos Sistemas de Transporte Inteligente**

Os Sistemas de Transporte Inteligente (ITS) aplicam diferentes tecnologias nos vários setores dos transportes. Conforme Drane e Rizos (1998) os ITS podem ser classificados em:

- Sistemas Avançados de Transporte Público (APTS) – referem-se ao uso de tecnologias para uma melhor segurança e eficiência dos sistemas de transporte público. Entre os benefícios para os passageiros estão inclusos menores tempos de espera, simplicidade para o pagamento da tarifa, informações atualizadas sobre itinerários das linhas e horários dos ônibus.

- Sistemas Avançados de Gerenciamento de Tráfego (ATMS) – Aplicam tecnologias na gestão e organização do tráfego e rede de transporte. Objetiva a minimização dos congestionamentos além de garantir segurança através do controle de semáforos, câmeras de vídeo, etc.
- Sistemas Avançados de Informação ao Viajante (ATIS) – Sistemas que fornecem informações sobre o trajeto e condições de trânsito ao passageiro durante a viagem. Utilizam sistemas de navegação e informação garantindo segurança ao rodoviário e prevendo também reduzir congestionamentos.
- Operação de Veículos Comerciais (CVO) – Gestão e operação de veículos comerciais. Utiliza tecnologias para gestão do serviço de transportes de carga minimizando interferências relacionadas ao itinerário. Deve ser organizado de modo a não repercutir grandes perdas de custo no sistema como um todo.
- Sistemas Avançados de Controle Veicular (AVCS) – Objetivam garantir melhorias na segurança das vias, permitindo que os veículos auxiliem os rodoviários. Os veículos são munidos de tecnologias que permitam ao motorista acompanhar as condições de dirigibilidade e, se necessário, tomar medidas necessárias de correção e prevenção.
- Coleta Eletrônica de Pedágio (ETC) – Tecnologias que permitam os mais adequados métodos de cobrança de pedágio. Visa reduzir tempos de parada e congestionamentos.

A Figura 3 apresenta as classificações que compõem os sistemas ITS.



**Figura 3 - Componentes ITS**  
 Fonte: Autor, dados da pesquisa (2012)

Conforme Pereira (2003) as principais áreas de atuação das aplicações ITS são:

- a. Segurança viária;
- b. Segurança dos veículos em movimento;
- c. Serviços de informação aos rodoviários dos veículos;
- d. Serviços de informação aos passageiros;
- e. Contribuição no controle e gestão de tráfego;
- f. Integração do transporte aos serviços de emergência;
- g. Segurança pública.

Para Batista (2007), os ITS são compostos de três peças básicas:

- a. Rede de trânsito e transporte;
- b. Aplicações de telemática (informática, eletrônica e telecomunicações);
- c. Usuário (órgão gestor, operadoras e usuário final).

Este trabalho possui como interesse a utilização de tecnologias avançadas (APTS) relacionadas ao TPO, visando assim integrar tecnologias da informação e comunicação imperativas à implementação de um sistema apto a calcular e disseminar informações quanto ao horário de chegada dos ônibus nos pontos de embarque e desembarque.

### **2.3.3 Sistemas Avançados de Transporte Público (APTS)**

Tecnologias APTS representam um conjunto de tecnologias que visam aumentar a eficiência, qualidade e segurança dos sistemas de transporte coletivo, assim como permitir o acesso às informações sobre as operações do sistema.

Conforme Chowdhury e Sadek (2003), os APTS têm como objetivo melhorar a produtividade e segurança nos sistemas de transporte permitindo ainda, melhorar as condições de trabalho dos rodoviários e o nível de satisfação dos passageiros.

A utilização de tecnologias avançadas no TPO está diretamente relacionada à melhor qualidade dos serviços prestados e atratividade de um número maior de usuários para o sistema de transporte público.

Conforme Schein (2003), os sistemas que funcionam em tempo real permitem disponibilizar informações aos usuários com nível de precisão satisfatório, aumento a tolerância relacionada a contratempos quanto ao tempo de percurso da viagem e previsão de chegada aos pontos de parada. Os sistemas APTS proporcionam a gestão do transporte público através de sistema de localização automática de veículos (AVL – *Automatic Vehicle Location*).

Ainda conforme o autor, o AVL proporciona a operação em tempo real, ou o mais próxima possível do tempo real, localizando o veículo no tempo e espaço.

Conforme Chowdhury e Sadek (2003), o sistema AVL possui a função de rastrear as frotas transmitindo os dados espaciais e temporais à central de controle operacional (CCO) através de um sistema de telecomunicação.

Entre as modalidades de sistemas AVL disponíveis, a mais utilizada e que permite o maior benefício para o TPO é a navegação por meio do sistema de posicionamento por satélite.

Quanto às aplicabilidades dos sistemas APTS versus atores envolvidos (passageiros, operadoras, órgão gestor), são identificadas três categorias:

- a. Sistemas de Apoio à Operação (SAO);
- b. Sistemas Automatizados de Arrecadação Tarifária (SAAT);
- c. Sistemas de Informação ao Usuário (SIU).

#### **2.3.4 Sistemas de Informação ao Usuário (SIU)**

Os Sistemas de Informação ao Usuário (SIU) compõem uma ferramenta de comunicação entre o operador e gestor das frotas com os usuários.

Através desses sistemas os usuários recebem informações que suportam uma eventual tomada de decisão conforme a demanda e necessidade individual dos usuários.

Especialmente nos grandes centros urbanos, os usuários demandam cada vez mais informações quanto ao tempo de espera no ponto de parada até a chegada do próximo veículo ou veículo desejado.

Conforme Bradley (1996), para o usuário em geral, previsões com alto índice de acerto possuem o potencial de reduzir e tornar toleráveis incertezas referentes à viagem realizada pelo TPO.

Silva (2000) analisa que divulgar informações quanto aos horários e itinerários do ônibus é um serviço importante para garantir a qualidade demandada pelos usuários do TPO. Conforme o autor, a informação permite que as pessoas planejem e definam seu deslocamento.

A análise de informações ao usuário baseia-se em quatro perguntas:



- *O quê?* - Refere-se à natureza e objeto do dado a ser informado ao usuário. Tarifas, itinerários, quadro de horários, etc.
- *Onde?* – A disponibilização da informação está diretamente ligada à tecnologia apta no local de acesso, podendo esta ser por internet, smartphones, painéis LED e LCD ou mesmo panfletos e quadros informativos. A informação pode estar disposta nos pontos de parada, terminais, embarcada nos veículos ou disponível pela internet.
- *Como?* – A informação pode ser retratada de modo estático (informações padrões e imutáveis) ou dinâmico (informações atualizadas periodicamente refletindo o mais próximo à realidade do momento).
- *Quando?* – O momento de disponibilização das informações pode ocorrer antes do embarque e seleção do itinerário desejado (pesquisa via internet dos meios de transporte disponíveis), imediatamente antes (painéis informativos nos pontos de embarque e desembarque), durante a viagem (painéis embarcados nos veículos, internet).

Conforme a ANTP (2002), os pontos de embarque e desembarque são os locais onde normalmente o usuário estabelece o primeiro contato físico com a rede de TPO.

Um ponto de embarque e desembarque deve informar a identificação das linhas que atendem o local. Em pontos com maior movimento de usuários, deve-se disponibilizar horários com previsão de chegada dos veículos ou intervalos (Headway) de chegada entre os veículos.

Os SIUs baseados em APTS permitem que, uma vez conectados a uma central de processamento de dados, sejam informados dados precisos relativos ao horário de partida e chegada dos veículos aos pontos de embarque e desembarque.

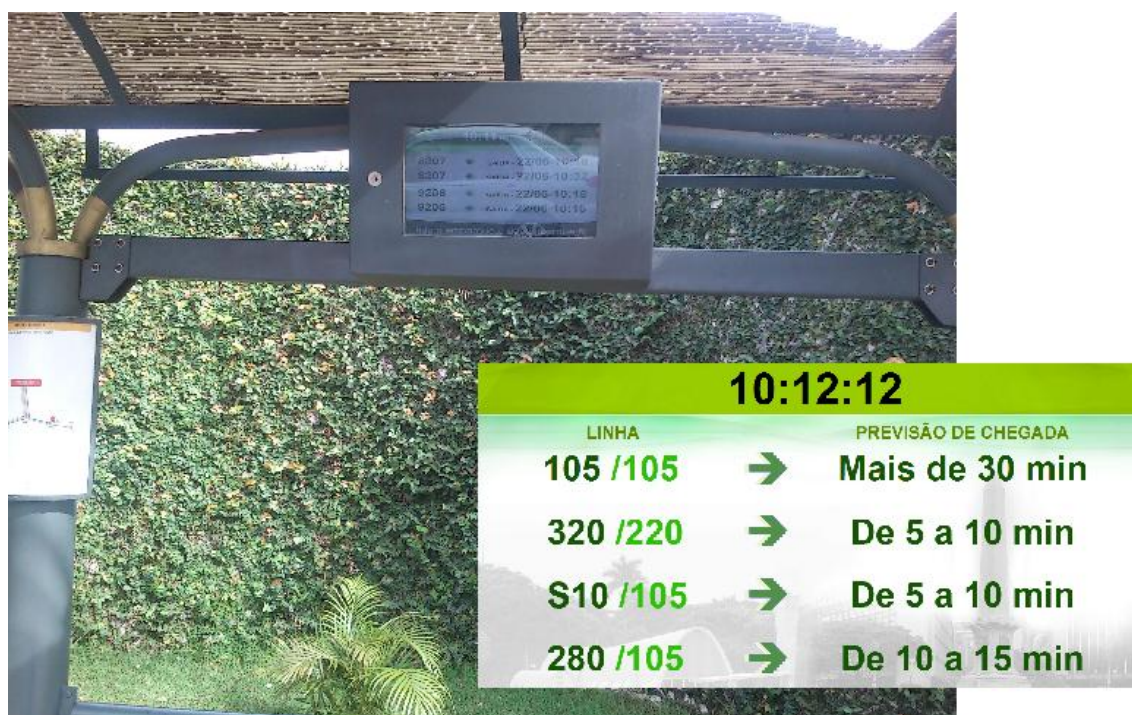


Figura 4 - Sistema de Informação ao Usuário na cidade de Belo Horizonte, Brasil.  
Fonte: Autor, dados da pesquisa (2012)

A Figura 4 ilustra um SIU baseado em APTS na cidade de Belo Horizonte. A Figura apresenta informações relativas ao número da linha, previsão de chegada e tipo de acessibilidade dos veículos disponíveis. As informações estão dispostas em painéis de LCD nos pontos de embarque e desembarque.

Os principais investimentos na implantação de Sistemas SIU estão no fornecimento de informações dinâmicas, o mais próximo possível do tempo real (near real time), permitindo atualizar e distribuir os dados de acordo com o status da rede viária. Estes investimentos permitem que o passageiro tenha suporte para tomar decisões em contrapartida ao dinamismo do transporte.

### 2.3.5 Sistemas de Telecomunicação e Transmissão de Dados

Os sistemas de telecomunicação e transmissão de dados são imprescindíveis dentro das tecnologias avançadas utilizadas nos sistemas ITS,

permitindo a conexão entre o veículo, rodoviários, passageiros e central de controle operacional.

Há uma gama de sistemas de telecomunicação disponíveis no mercado que permitem a integração entre os atores relacionados no TPO.

Para este trabalho abordarei o sistema móvel por celular.

Conforme Alencar (2007), um sistema móvel é definido por uma rede de comunicações que permite mobilidade interrupta por meio de muitas regiões geográficas (células). Cada célula possui uma estação radiobase (ERB) para a recepção do sinal conforme especificações dos sistemas de telecomunicação.

Conforme Pereira (2004) a geração atual de serviços de telecomunicação introduz novos serviços, não apenas relacionados à transmissão de voz, mas também à transmissão de dados.

Com a popularidade na última década da Internet e de outras demandas para a transmissão de dados, foi desenvolvido no sistema GSM (*Global System for Mobile Communications*) o serviço GPRS (*General Packet Radio Service*).

Ainda conforme Pereira (2004), as redes GPRS foram implementadas para dar suporte aos serviços de dados. Os dados são divididos em pacotes na origem e reagrupados novamente no receptor de destino. A quebra dos pacotes pelo GPRS permite que os recursos da rede estejam disponíveis para outras transmissões concorrentes. Neste caso a tarifação é cobrada não mais por tempo e sim por dados transmitidos.

O GPRS possui suporte ao IP (*Internet Protocol*), ou seja, interoperabilidade com a internet. O protocolo IP é utilizado entre duas ou mais máquinas para encaminhamento e controle de pacote de dados. O suporte do GPRS ao IP permite que aplicações web (www, ftp, email, etc) sejam atendidas por esta modalidade de serviço.

## 2.4 GEOPROCESSAMENTO

Conforme Filho (2001), geoprocessamento abrange toda a ciência ou tecnologia relacionada ao cadastro, aquisição, mapeamento, sensoriamento remoto e sistemas de informação geográfica.

A definição de geoprocessamento é relacionada à disciplina do conhecimento que aplica técnicas computacionais no tratamento de informações geográficas. O autor adiciona que na existência de questionamentos onde a pergunta “onde ?” é realizada, sempre há a oportunidade para a adoção do geoprocessamento.

Conforme Moura (2003), o termo geoprocessamento com origem no processamento de dados georreferenciados, denota a implantação de um processo que cause um progresso na representação da Terra. O termo engloba os instrumentos, técnicas e procedimentos utilizados na coleta de dados espaciais, assim como as teorias ligadas à aquisição de informações espaciais.

Neste contexto, a Figura 5 representa o conjunto de técnicas englobadas nos sistemas relacionados ao geoprocessamento.



**Figura 5 – Definição de geoprocessamento**  
 Fonte: Autor, dados da pesquisa (2012)

#### **2.4.1 Sistemas de Referência Relacionados ao GPS**

Os dados espaciais representam a observação dos fenômenos terrestres podendo ser descritos como espaciais, temporais e temáticos.

Conforme o problema de pesquisa apontado neste trabalho, é extremamente importante a compreensão dos dados espaciais, especificamente dos sistemas de referência.

Para exibição dos dados espaciais (localização e representação de pontos rastreáveis) são utilizados sistemas de referência aptos a representar a posição na superfície brasileira.

O datum (sistema de referência geodésico) está associado a um elipsoide de revolução. Por sua vez este representa aproximadamente as dimensões da Terra onde serão resolvidos os cálculos.

O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) é responsável pela manutenção e implantação do Sistema Geodésico Brasileiro.

Conforme o IBGE (1995), as coordenadas que representam dados espaciais podem ser apresentadas nas formas cartesianas, geodésicas e planas.

O sistema de coordenadas planas é representado por componentes Norte (N) e Leste (E) e são o tipo regularmente encontrado em mapas. Para representar as feições de superfície curva em plana são necessárias formulações matemáticas chamadas projeções. Diferentes projeções poderão ser utilizadas na confecção de mapas. No Brasil a projeção mais utilizada é a Universal Transversa de Mercator (UTM).

Quanto à utilização do GPS, o sistema de referência utilizado para registro de coordenadas é o World Geodetic Systems (WGS84).

### **3. PROCEDIMENTO METODOLÓGICO**

#### **3.1 NATUREZA E CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA**

A pesquisa realizada neste trabalho é direcionada à criação de conhecimento com objetivo de programar um sistema de informação ao usuário que seja suficiente para calcular e disponibilizar nos pontos de embarque e desembarque o horário de chegada dos ônibus do sistema de transporte público da cidade de Belo Horizonte – Brasil (SIU-BHZ). A classificação de pesquisa caracteriza-se pela aplicação de conhecimentos atualmente disponíveis para solução de problemas, contribuindo para aumento da compreensão do problema assim como sugestão de novas demandas de investigação.

##### **3.1.1 FORMA DA PESQUISA**

Os dados coletados para este trabalho foram quantificados em planilhas (tabelas e gráficos) considerando uma abordagem quantitativa.

##### **3.1.2 OBJETO DA PESQUISA**

A pesquisa é classificada como exploratória. Conforme Gil (2002), a pesquisa no modelo exploratória caracteriza-se por ter como objetivo proporcionar maior conhecimento do problema com o objetivo de construir hipóteses de solução e exploração.

### 3.1.3 Procedimentos Técnicos

Conforme Gil (2002) para que seja possível analisar os dados empiricamente objetivando criar uma relação e confrontar a visão teórica versus a realidade, é necessário elaborar um modelo conceitual e de operação para a pesquisa. Como ponto de início o problema desta pesquisa, o modelo foi estruturado em seis etapas:

- a. Escolha da linha de ônibus objeto de estudo.  
A linha selecionada foi a 8207 no qual pertence à Empresa de Transporte e Trânsito de Belo Horizonte S/A (BHTRANS).
- b. Monitoramento e rastreamento dos veículos que executam o itinerário da linha 8207 durante o período de janeiro a setembro de 2012.
- c. Importação dos dados geodésicos do itinerário da linha 8207 e seus pontos de embarque e desembarque para a aplicação GIS.
- d. Pesquisa e análise espacial dos dados importados através da aplicação GIS. As consultas foram referentes ao rastreamento dos veículos operantes na linha 8207. As análises foram feitas criando dois buffers: Atendimento\_Ponto\_Parada e Atendimento\_Itinerario. O primeiro considerou a relação de localização do veículo a um raio máximo de 50 metros referente ao ponto de parada, o segundo considerou a relação de localização do veículo a um polígono de 100 metros de largura em todas as direções referente o itinerário da linha.
- e. Determinação do tempo médio de deslocamento dos veículos entre todos os pontos de parada do itinerário. Esta determinação foi realizada através de consultas SQL realizadas no banco de dados PostgreSQL + PostGis.
- f. Desenvolvimento de uma fórmula matemática que calcule o tempo de chegada do veículo nos pontos de parada do itinerário. Para esta pesquisa foi considerado o ponto de parada P128 localizado à avenida Raja Gabaglia número 4103. Para este cálculo foi considerado o tempo médio de deslocamento dos veículos conforme



o tipo de dia (dia útil, final de semana) e faixas horárias nos intervalos de 1 hora ao longo do dia.

## SISTEMA DE INFORMAÇÃO AO USUÁRIO

Transporte Público por Ônibus  
Belo Horizonte – Minas Gerais

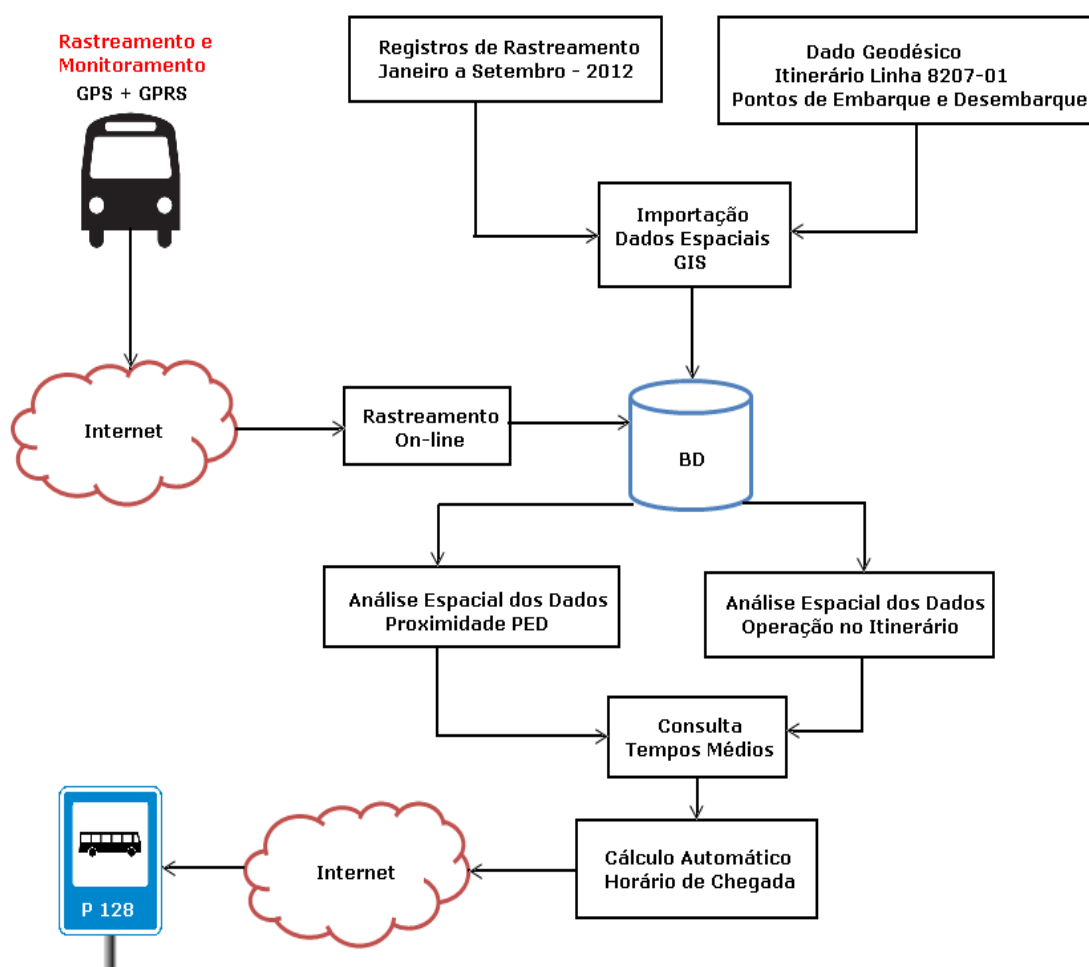


Figura 6 – Modelo conceitual SIU-BHZ  
Fonte: Autor, dados da pesquisa (2012)

### **3.2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO**

A pesquisa deste trabalho foi realizada na cidade de Belo Horizonte, capital do estado de Minas Gerais, Brasil. Em Belo Horizonte, o transporte público é realizado através de ônibus e metrô operando por dois sistemas: municipal e metropolitano.

#### **3.2.1 Linha 8207**

Para esta pesquisa, escolheu-se a linha de ônibus 8207 (Maria Goretti / Estrela Dalva). A escolha desta linha considerou o itinerário que a mesma percorre, tendo sua origem o bairro Buritis (bairro sede da BHTRANS), passando pelo hipercentro da cidade de Belo Horizonte e percorrendo duas das principais avenidas da cidade (Avenida Raja Gabaglia e Avenida Cristiano Machado).

A linha 8207, quanto ao seu traçado, é classificada como radial e quanto à sua função, é classificada como convencional uma vez que simultaneamente capta passageiros na sua região de origem para o destino, mas também faz a distribuição de passageiros na região de destino.

Os veículos que operam são do tipo convencionais (50 lugares) e operam durante os sete dias da semana, sendo uma média de vinte e cinco veículos durante os dias úteis, dezoito veículos aos sábados e dez veículos aos domingos e feriados.

A distância total do itinerário da linha 8207 é de 23.583 metros.

O itinerário ao todo possui sessenta e seis pontos de embarque e desembarque, sendo o ponto objeto desta pesquisa (P128) o décimo terceiro na sequência do itinerário a uma distância de quatro quilômetros do ponto de início do itinerário.

Para consulta e cálculo dos tempos médios entre os pontos de embarque e desembarque conforme análise de proximidade foi considerada o

período entre os meses de janeiro a setembro de 2012. Neste período foram registradas 20645 viagens a uma média de 125 viagens por dia.

⬆ DIA UTIL Sublinha: PRINCIPAL

Horas	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Minutos	30	30	30	30	00	00	00	00	03	12	04	00	06	01	07	12	02	00	13	00	05	00	10	10
					30	15	05	06	11	25	18	11	17	12	20	25	14	09	30	15	30	20	40	40
						30	10	12	19	38	32	22	28	23	33	38	26	17	45	30		40		
					40	15	18	27	51	46	33	39	34	46	50	38	25	45						
					50	20	24	35			44	50	45	59		50	32							
						25	30	43			55		56				39							
						30	36	51									46							
						35	42	59									52							
						40	49										59							
						45	56																	
						50																		
						55																		

Figura 7 – Quadro de Horário da Linha 8207 (dia útil).

Fonte: <http://www.bhtrans.pbh.gov.br/portal/page/portal/portalpublico>. Acesso em outubro de 2012

### 3.2.2 Ponto de Embarque e Desembarque P128

O ponto de Embarque e Desembarque P128 onde foram realizadas as validações do SIU-BHZ está localizado na Avenida Raja Gabaglia 4103 em frente ao Centro Universitário UNA.

Referente ao P128:

- Atende a diversas linhas (4110, 4113, 9206, etc) entre elas a linha 8207 utilizada neste trabalho.
- Instalação Física – Possui um abrigo e estrutura metálica com bancos para os usuários
- Sinalização – Possui uma placa indicativa de parada dos veículos e embarque e desembarque dos passageiros, além de sinalização da via indicando prioridade dos veículos de transporte coletivo por ônibus.
- Informações ao Usuário – Possui um totem metálico com monitor LCD informando mensagens institucionais, quadro de horário e previsão de chegada dos veículos.



## **4. SISTEMA DE INFORMAÇÃO SIU-BHZ**

O objetivo deste capítulo é apresentar os métodos e procedimentos adotados no desenvolvimento, verificação e validação do sistema de informação ao usuário do transporte público por ônibus na cidade de Belo Horizonte (SIU-BHZ). Na primeira etapa é apresentado o rastreamento (AVL) dos ônibus da linha 8207. A segunda etapa compreende a metodologia aplicada para registro e cálculo dos tempos médios de deslocamento dos veículos entre os pontos de embarque e desembarque. A terceira e última etapa compreende a rotina de cálculo “Tempo de Chegada” assim como validação e disponibilização do SIU-BHZ no ponto de embarque e desembarque P128 para os ônibus da linha 8207.

### **4.1 RASTREAMENTO DOS VEÍCULOS DA LINHA 8207**

Os ônibus que operam a linha 8207 (operadora Nova Suissa) pertencentes ao sistema municipal de transporte por ônibus da cidade de Belo Horizonte são equipados com sistema AVL apto a rastrear o veículo (asset) ininterruptamente e comunicar por telefonia móvel (GPRS) os dados espaciais (coordenadas WGS84) em intervalos de trinta segundos ao banco de dados espacial (PostgreSQL).

Os dados brutos transmitidos pelos veículos contêm: número de registro do veículo, data e hora de geração do dado, velocidade do veículo, latitude e longitude, número de identificação do equipamento embarcado.

A Tabela 2 contém a descrição de um dos eventos de rastreamento referente ao veículo 30368

**Tabela 2 - Descrição do evento de rastreamento dos ônibus**

<b>Dado</b>	<b>Descrição</b>
UPEXBHZ6749	Identificação do Equipamento embarcado
30368	Número de registro do veículo
8207	Número da linha em operação
[20121102002529]	Data Hora da geração do dado [yyyymmddhhmiss]
-19866267	Latitude
-43908508	Longitude
28	Velocidade do Veículo

Fonte: Autor (2012)

#### **4.1.1 Características Técnicas do Sistema AVL**

O objetivo de um sistema AVL é permitir o rastreamento do ônibus continuamente durante sua operação transmitindo os dados espaciais e opcionalmente outros dados agregados por meio de um sistema de comunicação móvel. O sistema AVL embarcado nos ônibus de Belo Horizonte desde 2010 foi desenvolvido por uma empresa privada (TACOM) com sede em Belo Horizonte.

Os principais componentes que integram o sistema AVL são: fonte de alimentação, GPS, GPRS, simcard e memórias.

- a. GPS – Receptor responsável pela captação dos dados espaciais capaz de observar até 12 satélites (12 canais) simultaneamente. O receptor possui uma antena externa instalada na parte exterior dos ônibus.
- b. GPRS – Modem que permite transmitir digitalmente todas as informações referentes ao AVL através do sistema de telefonia móvel GPRS/GSM.
- c. Simcard – Circuito impresso do modelo smart card utilizado para armazenar e identificar dados referentes à comunicação móvel. Os simcards utilizados nos sistemas AVL de Belo Horizonte foram

habilitados para transmissão de pacotes dados pela operadora Claro através de uma APN privada.

- d. Fonte de Alimentação – Abastece energia para o funcionamento de todos os equipamentos embarcados. O sistema AVL utiliza a bateria do próprio veículo como fonte primária e possui uma bateria secundária para contingência quando o veículo estiver com o motor desligado.
- e. Memórias – Armazena o firmware, configurações e parâmetros para funcionamento dos equipamentos.

#### **4.2 IMPORTAÇÃO DOS DADOS GEODÉSICOS DA LINHA 8207**

O órgão gestor do transporte público de Belo Horizonte (BHTRANS) possui uma base de dados espaciais atualizada com todos os itinerários e pontos de embarque e desembarque do município.

Foram solicitados e disponibilizados os dados referentes ao itinerário percorrido pela linha 8207 assim como coordenadas geodésicas de todos os pontos de embarque e desembarque atendidas pelas mesmas.

Os dados foram exportados pela BHTRANS e importados para um banco GIS utilizado na pesquisa conforme critérios representados na tabela 3.

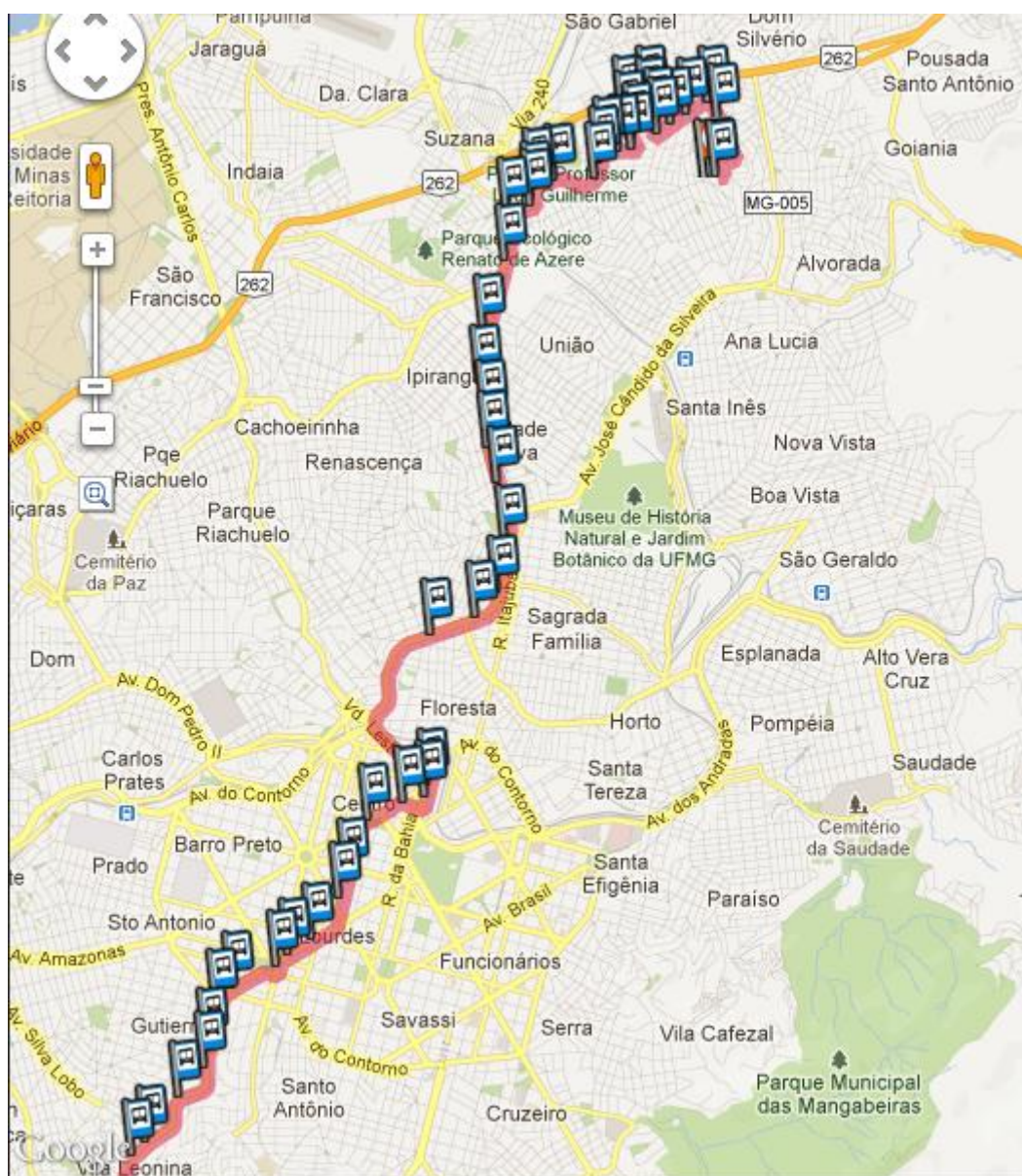
**Tabela 3 - Descrição dos dados exportados e modelagem utilizada na importação**

<b>Dados Exportado</b>	<b>Formato Exportado</b>	<b>Processo de Importação</b>	<b>Resultado da Importação</b>
Itinerário linha 8207	Arquivos dbf e shp (vetores)	Aplicativo shp2pgsql Permite importar shapefiles para o postgresSQL	197 vetores Comprimento máximo por vetor: 200m Comprimento médio dos vetores: 110m
PED linha 8207	Arquivo Excel contendo descrição e coordenadas dos PEDs nos formatos UTM e WSG84	Importação via script SQL	Cadastro de 66 pontos de parada com suas respectivas coordenadas em WSG84

Fonte: Autor, dados da pesquisa (2012)

Os resultados da importação podem ser vistos na Figura 10 onde é feita a representação na ferramenta Google Maps do itinerário e pontos de embarque e desembarque da linha 8207.





**Figura 10 – Representação do itinerário e Pontos de Parada importados da linha 8207**  
**Fonte: Autor, dados da pesquisa (2012)**

#### 4.3 TEMPOS MÉDIOS ENTRE PONTOS DE EMBARQUE E DESEMBARQUE

O cálculo denominado neste trabalho como “Previsão de Chegada” possui como finalidade estimar o tempo médio de chegada dos veículos da linha 8207 no ponto de embarque e desembarque P128. Para este cálculo foram utilizadas como base de referência 20645 viagens realizadas por uma média diária de vinte veículos no período de janeiro a setembro de 2012. Para

aproximar o horário previsto de chegada do veículo ao horário real com o que o mesmo chegou ao P128, as médias foram agrupadas em vinte e quatro faixas horárias com duração de uma hora por faixa. A referência utilizada para identificar uma viagem em uma faixa horária foi o início de deslocamento do ônibus no itinerário no seu ponto de origem.

#### **4.3.1 Rastreamento de Veículos**

Todos os veículos que operam a linha foram equipados com sistemas AVL. Os dados coletados pelo sistema são enviados em tempo real via GPRS para um servidor de banco de dados que registra os dados espaciais do veículo relacionando-os ao itinerário e PEDs da linha 8207.

Para processamento e armazenamento de dados foi utilizado o banco de dados PostgreSQL com a extensão PostGis. Para visualização dos dados espaciais foram utilizadas consultas SQL e integração à API do Google Maps.

Com o processamento dos dados citados no capítulo 4.2 deste trabalho em conjunto com os dados de localização dos veículos foram criadas três Camadas de Informações (CMI):

- a. Pontos\_Localização (CMI1) – Possui os dados espaciais de localização dos veículos da linha 8207
- b. Pontos\_PED (CMI2) – Dados espaciais contendo a localização dos Pontos de Embarque e Desembarque operados pela linha 8207
- c. Itinerario\_8207 (CMI3) – Vetores referentes ao itinerário percorrido pela linha 8207

A figura 11 representa graficamente as Camadas de Informação CMI1, CMI2 e CMI3 referente ao trecho do itinerário da linha 8207 englobando os treze primeiros pontos de embarque e desembarque.

Nessa figura é possível identificar:

- a. Linha espessa da cor vermelha – Itinerário da linha 8207
- b. Bandeiras azuis – Pontos de embarque e desembarque





#### 4.3.3 Tempo entre PEDs por Viagem

O cálculo dos tempos entre os pontos de embarque e desembarque foi realizado através de consultas SQL ao banco de dados PostgreSQL conforme as seguintes etapas:

- a. Criação de um buffer de faixa horária. Considerando que a linha 8207 é operada durante as vinte e quatro horas do dia, foram criadas vinte e quatro faixas horárias com intervalo de uma hora cada uma. Para associação das viagens com as faixas horárias foi considerado o horário de início na viagem dentro do itinerário.
- b. Exclusão de registros repetidos considerando o agrupamento de dados para um mesmo veículo, em uma mesma viagem, no mesmo ponto de embarque e desembarque. Uma vez que, dependendo da velocidade do veículo, condições de trânsito ou mesmo tempo de embarque ou desembarque de passageiros, mais de um evento de localização pode estar contido no raio do PED para a mesma viagem, sendo assim foi considerado o primeiro evento de localização como presença do veículo no PED.
- c. Ordenação do horário de presença do veículo nos PEDs por viagem (tabela 4).

**Tabela 4 - Horário de Chegada do veículo 30368 nos PEDs**

<b>Veículo</b>	<b>ID Viagem</b>	<b>Faixa Horária</b>	<b>PED Origem</b>	<b>PED Destino</b>	<b>Horário Chegada PED Origem</b>	<b>Horário Chegada PED Destino</b>	<b>Intervalo entre PEDs</b>
30368	1919935	18 70	116	116	18:22:00	18:22:47	00:00:47
30368	1919935	18 116	118	118	18:22:47	18:23:17	00:00:30
30368	1919935	18 118	119	119	18:23:17	18:24:02	00:00:45
30368	1919935	18 119	120	120	18:24:02	18:25:17	00:01:15
30368	1919935	18 120	121	121	18:25:17	18:26:17	00:01:00
30368	1919935	18 121	122	122	18:26:17	18:27:13	00:00:56
30368	1919935	18 122	123	123	18:27:13	18:29:17	00:01:04
30368	1919935	18 123	125	125	18:29:17	18:30:47	00:01:30
30368	1919935	18 125	126	126	18:30:47	18:32:47	00:02:00
30368	1919935	18 126	127	127	18:32:47	18:34:17	00:01:30
30368	1919935	18 127	234	234	18:34:17	18:35:35	00:01:18
30368	1919935	18 234	128	128	18:35:35	18:37:22	00:00:57
...	...	...	...	...	...	...	...

Fonte: Autor, dados da pesquisa (2012)

#### 4.3.4 Tempo Médio entre PEDs por Faixa Horária

O Cálculo do intervalo médio entre os PEDs foi realizado considerando os eventos de chegada conforme sequencia dos PEDs no itinerário da linha 8207. O agrupamento dos intervalos médios foi feito por PED de origem, PED de destino e faixa horária (tabela 5).

**Tabela 5 - Intervalo Médio entre os PEDs nas faixas horárias 13:00 às 14:00 e 18:00 às 19:00**

<b>Faixa Horária</b>	<b>PED Origem</b>	<b>PED Destino</b>	<b>Intervalo Médio entre PEDs</b>
13 (13:00 às 14:00)	70	116	00:00:40
13 (13:00 às 14:00)	116	118	00:00:38
13 (13:00 às 14:00)	118	119	00:00:51
13 (13:00 às 14:00)	119	120	00:01:10
13 (13:00 às 14:00)	120	121	00:01:00
13 (13:00 às 14:00)	121	122	00:00:58
13 (13:00 às 14:00)	122	123	00:01:12
13 (13:00 às 14:00)	123	125	00:01:32
13 (13:00 às 14:00)	125	126	00:01:42
13 (13:00 às 14:00)	126	127	00:01:27
13 (13:00 às 14:00)	127	234	00:01:12
13 (13:00 às 14:00)	234	128	00:00:38
...	...	...	...
18 (18:00 às 19:00)	70	116	00:00:45
18 (18:00 às 19:00)	116	118	00:00:40
18 (18:00 às 19:00)	118	119	00:00:53
18 (18:00 às 19:00)	119	120	00:01:40
18 (18:00 às 19:00)	120	121	00:01:10
18 (18:00 às 19:00)	121	122	00:00:59
18 (18:00 às 19:00)	122	123	00:01:07
18 (18:00 às 19:00)	123	125	00:01:31
18 (18:00 às 19:00)	125	126	00:01:48
18 (18:00 às 19:00)	126	127	00:01:30
18 (18:00 às 19:00)	127	234	00:01:15
18 (18:00 às 19:00)	234	128	00:00:55
...	...	...	...

Fonte: Autor, dados da pesquisa (2012)

O agrupamento dos tempos médios por faixa horária se mostrou justificado ao verificarmos a variância existente entre o intervalo de

deslocamento entre os mesmos pontos de parada ao longo do dia (figura 13). Durante algumas faixas horárias, coincidentes com o início e término da jornada de trabalho da população em geral, o tempo de deslocamento entre os PEDs variou em até 35% para adiantamento ou atraso.

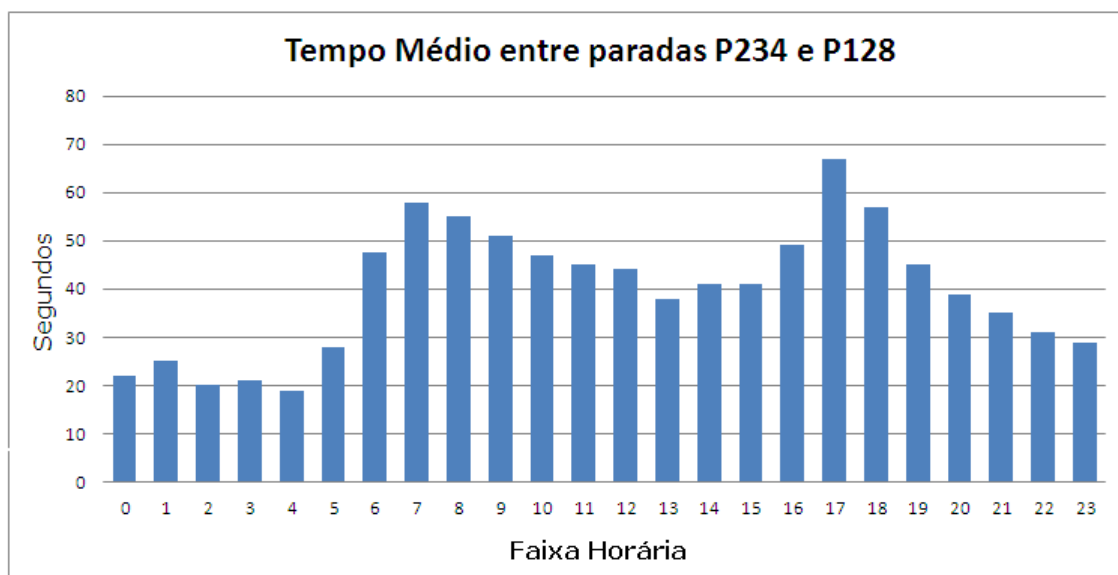


Figura 13 – Tempo médio entre paradas P234 e P128  
Fonte: Autor, dados da pesquisa (2012)

#### 4.4 TEMPO DE CHEGADA

A metodologia utilizada para o cálculo do SIU-BHZ é baseada em duas principais etapas:

- a. Armazenar dados agrupadamente de acordo com características em comum;
- b. Calcular previsibilidade com base nos dados armazenados

A primeira etapa por sua vez é subdividida em outras quatro etapas:

- a. Identificar o melhor trajeto que atenda uma das duas características: a menor distância ou o menor tempo de percurso. Esta etapa para o



projeto foi ignorada uma vez que os trajetos percorridos pelos veículos são pré-definidos pelo órgão gestor do TPO.

- b. Desmembrar o itinerário em um grafo cujo número de vértices permita a melhor relação entre coleta, armazenamento e recuperação de dados geográficos (localização, velocidade, tempo). Esta relação varia conforme capacidade de processamento, sinuosidade do itinerário, periodicidade da coleta de informações, precisão almejada na predição, etc. Para a linha 8207 foram utilizados vértices de no máximo 200 metros de comprimento.
- c. Agrupar os dados baseados em características distintas relacionadas ao tempo. Esta sazonalidade foi definida na unidade de horas (faixas horárias) e dias conforme comportamento do trânsito (dia útil, sábado, domingo, atípico e feriado).
- d. Armazenar os dados na estrutura de banco de dados (matriz) relacionando os vetores (trechos), sazonalidade (faixa horária e tipos de dia) e itinerários.

Para cada viagem efetuada pelo veículo os dados de sua localização, horário e itinerário pré-definido são armazenados na matriz montando um histórico relacionado às etapas dois e três.

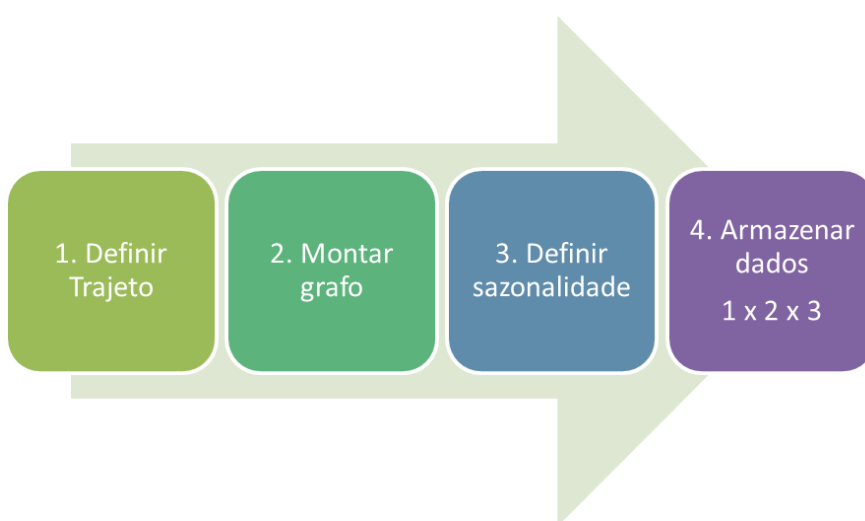


Figura 14 – Etapas de armazenamento de dados de previsão de chegada.  
Fonte: Autor

A segunda etapa do sistema SIU-BHZ calcula, em tempo real, a previsão de chegada dos veículos considerando como base os tempos médios de deslocamento entre os PEDs. A cada novo evento de localização dos veículos informado pelo sistema AVL as seguintes consultas e cálculos são executados conforme as seguintes etapas:

- a. Identificação do veículo e equipamento remetentes;
- b. Identificação da linha operada pelo veículo;
- c. Se a linha operadora for a 8207, identificação das coordenadas informadas;
- d. Análise espacial identificando em qual vetor (trecho A) da linha 8207 o veículo se encontra. Esta identificação é feita através de funções do banco de dados espacial em uma entidade/matriz (M1)
- e. Análise espacial identificando em qual trecho (trecho B) encontra-se o ponto de embarque e desembarque desejado.
- f. Identificação da faixa horária e tipo de dia de início da viagem.
- g. Soma do tempo médio de deslocamento armazenada nos vetores entre o trecho A e trecho B para os critérios de sazonalidade da viagem.

$$PED_{(a)} = \sum_{(t1,f1,i1)} M1 \rightarrow M1_{(t2,f1,i1)}$$

Figura 15 – Fórmula de cálculo de previsibilidade do sistema SIU-BHZ  
Fonte: Autor

PED(a) – Ponto de Embarque e Desembarque desejado

M1 – Matriz onde estão armazenados os dados

t1 – Trecho A de localização do veículo

t2 – Trecho B de localização do ponto de embarque e desembarque

f1 – Faixa horária e tipo de dia

i1 – trajeto pré-definido

O desenvolvimento da rotina para cálculo de “tempo de chegada” dos veículos da linha 8207 utilizou o modelo cliente-servidor através de uma aplicação web desenvolvida na linguagem Java.

Cada totem instalado nos pontos de embarque e desembarque possui um computador interno acessando o sistema SIU-BHZ e atualizando os dados em tempo real por uma comunicação GPRS. O passageiro, enquanto aguarda o veículo no PED pode, através do monitor LCD, verificar o tempo de chegada do veículo mais próximo da linha 8207. As informações são atualizadas a cada quinze segundos ou a cada nova solicitação de atualização pelo servidor.

As seguintes informações são exibidas no monitor instalado no totem:

- Data hora atual
- Número de identificação do PED (ex: P128)
- Número de identificação da linha (8207)
- Tempo previsto de chegada do veículo ignorando os segundos conforme tabela 6

**Tabela 6 - Tabela de Informações de Tempo de Chegada ao sistema SIU-BHZ**

<b>Tempo previsto</b>	<b>Tempo informado no PED</b>
Inferior a 00:02:00	Veículo Aproximando
Superior ou igual a 00:02:00 e inferior a 00:04:00	Veículo entre 2 e 4 minutos
Superior ou igual a 00:04:00 e inferior a 00:06:00	Veículo entre 4 e 6 minutos
Superior ou igual a 00:06:00 e inferior a 00:08:00	Veículo entre 6 e 8 minutos
Superior ou igual a 00:08:00 e inferior a 00:10:00	Veículo entre 8 e 10 minutos
Superior ou igual a 00:10:00 e inferior a 00:12:00	Veículo entre 10 e 12 minutos
Superior ou igual a 00:12:00 e inferior a 00:14:00	Veículo entre 12 e 14 minutos
Superior ou igual a 00:14:00 e inferior a 00:16:00	Veículo entre 14 e 16 minutos
Superior ou igual a 00:16:00 e inferior a 00:18:00	Veículo entre 16 e 18 minutos
Superior ou igual a 00:18:00 e inferior a 00:20:00	Veículo entre 18 e 20 minutos
Superior ou igual a 00:20:00	Veículo acima de 20 minutos

Fonte: Autor, dados da pesquisa (2012)

#### 4.5 VALIDAÇÕES DO SISTEMA SIU-BHZ

A validação do sistema SIU-BH foi realizada durante duas semanas no período de 10 a 21 de setembro de 2012 no ponto de embarque e desembarque denominado P128 para os veículos que operaram na linha 8207.

Mesmo sendo possível analisar a validade dos dados diretamente em consultas no banco de dados, optou-se por validá-las presencialmente, simulando a real utilização do usuário, uma vez que todo o processo engloba o correto funcionamento de hardware, software, cálculos de previsão, comunicação e disponibilidade GPRS, etc.

Para a validação dos dados, foi criada e impressa uma planilha Excel contendo sessenta linhas onde cada linha corresponde à hora e minuto de acompanhamento do PED 128. Para cada linha o observador anotou:

- a. Número do veículo informando no sistema SIU-BHZ;
- b. Previsão informada para o veículo no totem;
- c. Caso o veículo esteja aproximando-se ou esteja presencialmente no PED, indicativo do minuto de chegada;
- d. Caso o veículo esteja saindo do PED, indicativo do minuto de saída.

Tabela 7 - Validação Sistema SIU-BHZ

PED 128 Hora	Veículo	Acima de 20	18 a 20	16 a 18	14 a 16	12 a 14	10 a 12	8 a 10	6 a 8	4 a 6	2 a 4	Aprox.	Hora Saída Hora Chegada
13:01	30368												
13:02	30368												
13:03	30368												
13:04	30368												
13:05	30368												
13:06	30368												
13:07	30368												
13:08	30368												
13:09	30368												
13:10	30368												
13:11	30368												
13:12	30368												
13:13	30368												13:14
13:14	30368												13:14
13:15	30368												
13:16	30368												
13:17	30368												

Fonte: Autor, dados da pesquisa (2012)

Diariamente as planilhas impressas foram preenchidas digitalmente e os dados foram analisados minuto a minuto (linha a linha). Se a previsão informada no minuto correspondia ao horário real de chegada do veículo no PED, considerando uma margem de acerto para 60 segundos de atraso ou adiantamento, a previsão foi considerada como “acerto”. Caso o número de acertos para cada veículo fosse superior a 80%, a informação de previsibilidade foi dada como “satisfatória”, caso o número de acertos fosse inferior a 80% foi considerada como “insuficiente”.

Os resultados dos dias de análise estão descritos na tabela 8.

Tabela 8 - Validação Sistema SIU-BHZ

Data Verificada	Quantida de de Viagens	Percentual de	Percentual de
		viagens com acerto da previsão de chegada superior a 80%	viagens com acerto da previsão de chegada inferior a 80%
10/09/2012	126	98%	2%
11/09/2012	125	92%	8%
12/09/2012	126	98%	2%
13/09/2012	124	97%	3%
14/09/2012	126	91%	9%
15/09/2012	85	96%	4%
16/09/2012	60	89%	11%
17/09/2012	126	92%	8%
18/09/2012	126	97%	3%
19/09/2012	125	94%	6%
20/09/2012	126	91%	9%
21/09/2012	125	90%	10%

Fonte: Autor, dados da pesquisa (2012)

## 5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

### 5.1 CONCLUSÕES GERAIS

Este trabalho, baseado no referencial teórico, buscou identificar e descrever as principais tecnologias de informação e telecomunicação que permitissem, integradamente, desenvolver um sistema de informação ao usuário capaz de informar e distribuir nos pontos de embarque e desembarque a previsão de chegada dos ônibus do sistema de transporte coletivo da cidade de Belo Horizonte – Brasil.

Relacionado ao objetivo geral foi desenvolvido de forma eficiente o sistema SIU-BHZ que obteve resultados satisfatórios quanto à captura, cálculo e disponibilização do horário de chegada dos ônibus da linha 8207 no ponto de embarque e desembarque P128.

Para que o objetivo geral fosse alcançado, foram utilizadas as tecnologias de informação e telecomunicação responsáveis pela captura, comunicação, modelagem e análise espacial dos dados.

Destacam-se como principais tecnologias utilizadas:

- a. Sistema de posicionamento por satélite (GPS)
- b. Sistema de telecomunicação móvel (GPRS)
- c. Sistema de Informações Geográficas (SIG)
- d. Bando de Dados Espacial (BDE)

Relacionado aos objetivos específicos definidos neste trabalho as seguintes conclusões foram consideradas:

- a. Quanto à recuperação dos eventos de localização e rastreamento dos ônibus que operam na linha 8207, verificou-se que os dados armazenados no banco de dados PostgreSQL na forma relacional, com documentação adequada da estrutura de dados e atributos, facilita e viabiliza as consultas desejadas;
- b. Quanto à importação dos dados geodésicos dos PEDs e itinerários da linha 8207, a BHTRANS já possui os dados de forma organizada

e os forneceu nos formatos suportados pelas ferramentas de importação do PostgreSQL

- c. Quanto à exploração das informações referente à localização dos ônibus e consequente chegada e saída dos PEDs foram encontradas dificuldades em PEDs com proximidade inferior à 200 metros interpolando o raio de identificação do PED. Para este problema foi necessário realizar uma análise de sentido do veículo para entender o trajeto tomado pelo mesmo e, consequentemente, a ordem de passagem pelos PEDs.
- d. Quanto à formulação dos cálculos de previsibilidade de chegada dos veículos da linha 8207 ao ponto de embarque e desembarque P128, os resultados foram acima do esperado apresentando uma coerência superior a 85% conforme validação feita no mês de setembro de 2012.
- e. Quanto à disponibilização das informações de previsão de chegada para os usuários no PED 128, foi verificado que a percepção do usuário está mais relacionada à proximidade da informação como fator de tomada de decisões do que à exatidão em si própria.

## 5.2 RECOMENDAÇÕES

A conclusão deste trabalho permitirá que novas pesquisas, munidas dos recursos tecnológicos disponíveis atualmente e a evolução dos mesmos, busquem por soluções cada vez mais satisfatórias ao tema proposto neste trabalho.

Como recomendação para novas pesquisas sugere-se:

- a. Utilizar os cálculos desenvolvidos na implementação do SIU-BHZ para disponibilização das informações através da internet e outros canais de comunicação móvel como o SMS;



- b. Ampliar o modelo desenvolvido integrando-o com outras variáveis como controle semafórico e sensores de embarque e desembarque de passageiros;
- c. Incorporar conceitos e modelos de retroalimentação dos intervalos médios de percurso entre os pontos de embarque e desembarque;
- d. Ampliar o modelo desenvolvido considerando novas faixas horárias e tipo de dias que permitam agrupar dados no menor número de modelos versus maior precisão alcançada;
- e. Estudar o impacto das informações de previsão de chegada à tomada de ações e percepção dos usuários do transporte coletivo por ônibus na cidade de Belo Horizonte.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, Fernando. Introdução ao Banco de Dados. Brasília: UNB, 2000.

ALENCAR, Marcelo Sampaio de. Telefonia Celular Digital. 2. ed. São Paulo: Ética, 2007.

ANDRADE, M. M. Introdução à Metodologia do Trabalho Científico. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2006.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES PÚBLICOS. Pontos de parada de ônibus urbano. Caderno técnico. São Paulo, n. 2, 2002.

\_\_\_\_\_. Sistema de informações da mobilidade urbana: relatório geral 2007. 2008. Disponível em: <<http://portal1.antp.net/site/simob/Downloads/Forms/AllItems.aspx>>. Acesso em: 24 set. 2012.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DAS EMPRESAS DE TRANSPORTES URBANOS. Anuário 2006/2007. 2007.

BATISTA, Marcelo Geraldo. A gerência de projetos como ferramenta de planejamento e controle na implantação de aplicações ITS em Belo Horizonte: o caso do sistema de monitoramento e informação do transporte coletivo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE TRANSPORTE E TRÂNSITO, 16., 2007, Maceió. Anais... Maceió: ANTP, 2007. p.1-10.

BOLÍVAR, Manuel A. H. et al. Data Mining e a Complexidade da Preparação dos Dados. Developers Magazine, São Paulo, nº 71, p. 28-30, jul. 2002.

BRADLEY, J.; JAMES, N. The Accuracy of Real Time Information: A Detailed Case Study. In: PTRC Summer Annual Meeting, London. Proceedings of Seminar. London: PTRC, 1996.

BORGES, K. A. V; DAVIS JÚNIOR, C. A; LAENDER, A. H. F. Modelagem de dados geográficos. In: Bancos de dados geográficos, EspaçoGeo, Curitiba, 2005.

CAMPBELL, Heather, and Ian Masser. 1995. GIS and Organizations. London: Taylor & Francis.

CASANOVA, M. A.; CAMARA, G.; DAVIS, JR.; VINHAS, L.; QUEIROZ, G.R. Banco de Dados Geográficos. 1. ed. Curitiba: MundoGeo, 2005.

CHOWDHURY, Mashrur A.; SADEK, Adel. Fundamentals of Intelligent Transportation Systems Planning. London: Artech House, 2003.

DATE, C. J. Banco de Dados: introdução aos sistemas de banco de dados. 8. ed. Rio de Janeiro: Campus, 2004.

DEPARTMENT OF DEFENSE. Global positioning system standard positioning service performance standard. Washington: DoD, 2001.

DRANE, Chris; RIZOS, Chris. Positioning Systems in intelligent transportation systems. London: Artech House, 1998.

FERRAZ, Antonio Clovis Pinto; TORRES, Isaac Guilherme Espinosa. Transporte Público Urbano. 2. ed. São Carlos: Rima, 2004.

FILHO, Jugurta Lisboa. Projeto de banco de dados para sistemas de informação geográfica. Viçosa, MG: UFV, 2001.

GASPAR, J.A., (2005). Cartas e Projecções Cartográficas, 3.<sup>a</sup> Edição. Lidel, Lisboa (Portugal).

GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. 4 ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GOOLDCHILF, M. F. (1991//0 Spatial Analysis with GIS: Problems and Prospects GIS/LIS, (1991). The Inforum Atlanta, Georgia, pp 40-48

HAN, Jiawei; KAMBER, Micheline. Data Mining: Concepts and Techniques. San Francisco: Morgan-Kaufmann, 2000.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Sistemas de referência, 1995.

\_\_\_\_\_. Caracterização do sistema geodésico brasileiro, 2005. Disponível em: <[http://geoftp.ibge.gov.br/documentos/geodesia/pmrg/legislação/rpr\\_01\\_25fev2005.pdf](http://geoftp.ibge.gov.br/documentos/geodesia/pmrg/legislação/rpr_01_25fev2005.pdf)>. Acesso em: 08 set. 2012.

\_\_\_\_\_. Síntese de indicadores sociais: uma análise das condições de vida da população brasileira 2007, Disponível em: < <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/indicadoresminimos/sinteseindicais2007>>. Acesso em: 23 set. 2012.

KANNINEN, B. J. Intelligent transportation systems: an economic and environmental policy assessment. Londres, 1996.

KENNEDY, A. The global positioning system and GIS. 2nd ed. London, New York: Taylor & Francis, 2002.

LACERDA, Sander Magalhães. Precificação de congestionamento e transporte coletivo urbano. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 23, p. 85-100, mar. 2006.

LAULETTA, Alberto Fassanaro. Planejamento e gestão do transporte público. Brasília: ANTP, 2006.

MACIEL, Evandro. A mobilidade urbana pede socorro. Canal do Transporte, São Paulo. Disponível em: <http://www.canaldoesporte.com.br/detalheopina.asp>. Acesso em: 13 out.2012.

MELO, Márcio J. V. Saraiva de. A cidade e o tráfego: uma abordagem estratégica. Recife:UFPE, 2000.

MIRANDA, José Iguelmar. Fundamentos de sistemas de informações geográficas. Brasília: Embrapa, 2005.

MOURA, Ana Clara Mourão. Geoprocessamento na gestão e planejamento urbano. Belo Horizonte: Autora, 2003.

PEREIRA, Walace Fernandes; AQUINO, Willian. As tendências de uso de ITS com vistas a melhoria da prestação dos serviços de transporte urbano. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE TRANSPORTE E TRÂNSITO, 14., 2003, Brasília. Anais... Brasília: ANTP, 2003.

REIS, Dálcio Roberto dos. Gestão da inovação tecnológica. 2. ed. Barueri, SP: Manole, 2008.

SAINT-LAURENT, B. Information system for public management. Egland: Jonh Wiley & Sons Ltd., 1997.

SCHEIN, Augusto Leonardo. Sistema de Informação ao usuário como estratégia de fidelização e atração. 2003. 148 f. Dissertação (Mestre em Engenharia de Produção) - Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

SCHWEIGER, C. L. Real-Time bus arrival information systems. Washington: TCRP, 2003.

SILBERSCHATZ, A. Sistema de banco de dados. 5. ed. São Paulo: Campus, 2006.

SILVA, A.B (2003) Sistemas de Informação GGeo-Referenciadas: conceitos e fundamentos. Campinas, SP

SILVA, Danyela Moraes da. Sistemas Inteligentes no transporte público por ônibus. 2000. 143 f. Dissertação (Mestre em Engenharia de Produção) - Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.

VASCONCELLOS, Eduardo Alcântara. Transporte urbano nos países em desenvolvimento: reflexões e propostas. 3. ed. São Paulo: Annablume, 2000.

VASCONCELLOS, Eduardo Alcântara. Desvendando a política brasileira de mobilidade urbana. São Paulo: ANTP, 2005.

# C& SIG